

◎ 纳米技术应用丛书

纳米功能涂料

● 童忠良 编著



化学工业出版社

纳米技术应用丛书

纳米功能涂料

童忠良 编著



化学工业出版社

· 北京 ·

本书比较全面系统地阐明了纳米功能涂料的基本概念和理论基础,介绍了每个典型纳米功能涂料工艺过程的特点和基本内容,并提出了各个工艺的最新技术进展。

本书的特点是把纳米功能涂料的理论研究与产品开发、工艺设计结合起来进行编写,既有理论又有实践;既介绍纳米功能涂料的专业知识,又介绍了与涂料专业有关的一些内容,如计算机辅助设计、功能涂料过程经济分析与评价、功能涂料过程控制理论、功能涂料安全生产与三废治理等。

本书的内容广泛,实用性强,不仅可用做大学化学工程与工艺专业的教学参考书,而且对于大学高年级学生、研究生、从事产品技术开发与研究人员以及化工部门管理人员来说,也是一本有价值的参考书。

图书在版编目(CIP)数据

纳米功能涂料/童忠良编著. —北京:化学工业出版社,
2009.5
(纳米技术应用丛书)
ISBN 978-7-122-04852-3

I. 纳… II. 童… III. 纳米材料:功能材料:涂料
IV. TQ63

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2009) 第 027125 号

责任编辑:奚志刚 黄丽娟

责任校对:徐贞珍

装帧设计:于兵

出版发行:化学工业出版社(北京市东城区青年湖南街13号 邮政编码100011)

印 装:化学工业出版社印刷厂

850mm×1168mm 1/32 印张22½ 字数627千字

2009年5月北京第1版第1次印刷

购书咨询:010-64518888(传真:010-64519686)

售后服务:010-64518899

网 址:<http://www.cip.com.cn>

凡购买本书,如有缺损质量问题,本社销售中心负责调换。

定 价:55.00 元

版权所有 违者必究

出版者的话

纳米技术是在 20 世纪 80 年代末、90 年代初才逐步发展起来的前沿、交叉性新兴学科，它具有创造新生产工艺、新物质和新产品的巨大潜能，它将在 21 世纪掀起一场新的产业革命。

当前，国际纳米技术的发展进入了一个新的阶段，纳米技术提升了现有产业和产品的水平，纳米技术与传统技术的结合也构成了纳米技术发展的新局面。世界发达国家和地区十分重视发展纳米技术，大幅度增加了对发展纳米技术的投入，重点发展实用技术，加快了纳米技术实用化的进程。我国也非常重视纳米技术研究，建成了一些纳米技术研究基地，国内有一半的省市将发展纳米技术列为“十五”规划。国内一些著名高校及科研院所已形成了一支从事纳米技术研究的队伍，并在国际上取得了一系列令人瞩目的成果。

为了促进我国纳米材料和技术的快速发展，推进纳米技术的实用化进程，化学工业出版社组织了相关专家编写了《纳米技术应用丛书》。本套丛书的特点是：较全面地介绍纳米技术在传统领域中的应用研究以及对传统产业改造的现状与前景；突出实用性，介绍的相关纳米技术不仅经实践证明是可靠的，而且是有应用前景的实用技术。

《纳米技术应用丛书》共 9 本，包括《纳米半导体技术》、《纳米空气净化技术》、《纳米抗菌技术》、《纳米润滑技术》、《纳米复相陶瓷》、《纳米功能涂料》、《纳米阻燃材料》、《纳米材料与生物技术》以及《纳米技术与太阳能利用》。相信本套丛书对推动我国纳米技术健康有序的发展将起到积极作用。

2004 年 5 月

前言

纳米科学技术 (nanometer science and technology) 是在纳米尺度范畴 (1~100nm) 研究物质的物理、化学特性及其应用的一门新兴科学与技术。由于在纳米尺度上, 材料的光、电、热、磁等性质均发生了新的变化, 因此纳米材料具有其同质常规材料所不具备的许多新特性, 如很好的表面吸附性与选择性、优良的光催化活性等。不难想像, 纳米材料与技术在精细化工、计算机、光学、医药、环保等众多领域具有广阔的应用前景。

纳米功能涂料是现代涂料工业中的一类, 正在逐步成为一类多功能性的工程涂料。不论是传统的以天然物质为原料的涂料产品, 还是现代发展中以合成化工产品为原料的纳米功能涂料产品, 都属于有机化工高分子材料, 所形成的涂膜属于高分子化合物类型。按照现代化工产品的分类, 涂料属于精细化工产品。

根据涂料的功能和细度可以把纳米功能涂料细分为纳米改性功能涂料和纳米结构功能涂料, 广义上讲, 纳米粒子用于涂料中所得到的—类具有抗辐射、耐老化和剥离强度高或具有某些特殊功能的涂料称之为纳米功能涂料。利用纳米粒子抗紫外线等性能对现有涂料进行改性, 提高涂料的某些性能, 这种涂料应称之为纳米改性功能涂料。而使用某些特殊工艺制备的涂料, 其细度在纳米量级, 这种涂料应称之为纳米结构功能涂料; 在建筑材料领域内主要使用的是具有耐老化和抗辐射等要求的涂料。

纳米功能涂料技术从原材料经过生产加工到最后施工成膜和其后的保养维护, 涉及聚合物化学、有机化学、无机化学、分析化学、电化学、表面和胶体化学、化学工程、色彩物理学、材料科学、微生物学、流变学、腐蚀、粘接、光化学和物理学等多门学科, 再加上各种实践经验、心得体会, 可谓之涓涓细流汇成浩瀚的

涂料知识海洋。

本书较全面而系统地阐明了纳米功能涂料的基本概念和理论基础,介绍了每个典型纳米功能涂料工艺过程的特点和基本情况,并提出了各个工艺的最新技术进展。本书的特点是把纳米功能涂料的理论研究与产品开发、工艺设计结合起来进行编写,既有理论又有实践;既介绍纳米功能涂料的专业知识,又介绍了与涂料专业有关的一些内容,如计算机辅助设计、功能涂料过程经济分析与评价、功能涂料过程控制理论、功能涂料安全生产与三废治理等。本书的内容广泛,实用性强,不仅可用做大学化学工程与工艺专业的教学参考书,而且对于大学高年级学生进行毕业论文与设计、研究生进行论文研究、从事产品技术开发与研究以及化工部门管理人员来说,也无疑是一本有实用价值的参考书。

由于本书内容丰富,代表面广,重点突出,纳米功能涂料技术水平先进,实用性强,对从事涂料与涂装的广大同仁来说,本书不失为一本十分有价值的参考书。

在本书编写过程中,得到了刘国杰、王大全、欧玉春、孙酣经、黄澄华、虞兆年、耿耀宗、洪啸吟、战凤昌、李悦良、卢寿慈、李凤生、王平、高南、陈作璋、费学宁、李建宇、郑天亮以及许多涂料界前辈和同仁的支持与帮助。

有关纳米功能涂料的应用参阅了国内外的相关书籍、论文、报刊及网上文章,在此谨向本书参考文献的作者致以衷心的感谢。

本书的出版得到了陈军军、于新光、梅国琴、高洋、高新、王书乐、童凌峰、方芳、沈国强等同志的帮助,他们在资料收集、插图及计算机输入和编排方面做了大量工作,在此一并致谢。

由于时间仓促,书中难免疏漏,恳望读者给予见谅。

编者

2008 年于北京

目 录

第 1 章 纳米功能涂料的基本概况	1
1.1 概述	1
1.2 定义与特点	1
1.2.1 定义	1
1.2.2 作用	2
1.2.3 品种及其应用	3
1.3 基本作用原理	8
1.3.1 黏结力和内聚力	8
1.3.2 成膜机理	8
1.4 分类方法	11
1.5 材料的组成	12
1.5.1 成膜物质	13
1.5.2 颜料	15
1.5.3 助剂	15
1.5.4 溶剂	16
1.6 国内外纳米涂料产品现状	17
1.6.1 国内生产企业状况	18
1.6.2 国外生产企业状况	19
1.7 纳米功能涂料市场展望	19
1.7.1 市场需求预测	19
1.7.2 国内纳米功能涂料的开发和研究方向	22
1.7.3 功能涂料行业的现状	23
1.7.4 功能涂料行业的技术及经济效益分析	25
1.7.5 功能涂料工业的发展趋势	27
1.7.6 纳米功能涂料新产品开发的重点	28
参考文献	29
第 2 章 纳米抗菌涂料	31
2.1 概述	31

2.2	纳米 TiO_2 抗菌涂料	32
2.2.1	纳米 TiO_2 的结构特性	32
2.2.2	纳米 TiO_2 的光化学特性	32
2.2.3	纳米 TiO_2 的光催化作用机理	33
2.2.4	纳米 TiO_2 的抗菌原理	36
2.2.5	纳米 TiO_2 抗菌粒子的制备	37
2.2.6	纳米 TiO_2 抗菌涂料的研究	38
2.3	纳米抗菌复合涂料	50
2.3.1	自洁净功能复合涂料	50
2.3.2	纳米复合抗菌吸附除味剂	53
2.3.3	纳米负离子健康涂料	54
2.3.4	纳米大气净化涂料	55
2.3.5	光催化纳米涂料	59
2.3.6	溶剂型涂料和绿色功能涂料	62
2.4	纳米抗菌涂料用抗菌剂及应用情况	66
2.4.1	天然抗菌剂	66
2.4.2	有机抗菌剂	67
2.4.3	无机抗菌剂	68
	参考文献	73
第3章	纳米稀土功能发光涂料	75
3.1	概述	75
3.2	纳米稀土发光材料与发光涂料的分类及特性	76
3.2.1	纳米稀土发光材料的分类	76
3.2.2	纳米稀土发光材料的特性	78
3.2.3	纳米稀土发光涂料的分类与特性	80
3.3	纳米稀土发光材料的发展动态	80
3.3.1	纳米稀土发光涂料的基本材料	82
3.3.2	纳米稀土配合物发光材料	84
3.4	纳米稀土发光涂料的发展动态	91
3.4.1	纳米稀土发光涂料国内研究动态	91
3.4.2	纳米稀土荧光粉的发展	91
3.5	纳米自发光涂料的制备技术	92
3.6	纳米荧光涂料的制备技术	93
3.6.1	纳米荧光涂料定义和特征	93

3.6.2	纳米荧光涂料组成与特性	94
3.7	纳米夜光涂料的制备技术	97
3.7.1	纳米夜光涂料的定义和特征	97
3.7.2	纳米夜光涂料组成与特性	97
3.8	纳米光反射涂料的制备技术	102
3.9	纳米稀土复合涂料的制备技术	103
3.9.1	无机-无机稀土纳米复合涂料	103
3.9.2	有机-无机稀土纳米复合涂料	103
3.9.3	纳米金属-稀土陶瓷复合涂料	104
	参考文献	105
第4章	纳米防污功能涂料	106
4.1	概述	106
4.2	纳米防污功能涂料定义	107
4.2.1	纳米防污功能涂料的组成	107
4.2.2	纳米防污功能涂料分类	107
4.2.3	纳米防污功能涂料的品种	109
4.3	纳米防污功能涂料现状与产业化前景	111
4.3.1	国外研究现状	111
4.3.2	国内研究现状	114
4.3.3	纳米防污涂料产业化前景	117
4.4	纳米防污功能涂料性能用途和技术要求	120
4.4.1	影响防污性能的因素	121
4.4.2	纳米防污涂料的技术指标	122
4.5	纳米防污功能涂料配方原理与设计	122
4.5.1	概述	122
4.5.2	纳米防污功能涂料配方原理	123
4.5.3	纳米防污涂料配方设计	125
4.6	建筑用纳米防污功能涂料制备技术	126
4.6.1	建筑防污损纳米涂料基料与配制方法	126
4.6.2	纳米耐污弹性功能涂料制备技术	128
4.7	船舶用纳米防污功能涂料制备技术	130
4.7.1	海洋生物附着污损和危害	130
4.7.2	船舶涂料与海水环境	131
4.7.3	舰船纳米防污功能涂料的发展趋势	132

4.7.4 船舶纳米防污涂料类型的工艺配方与应用	135
参考文献	142
第5章 纳米耐热隔热防热涂料	144
5.1 概述	144
5.2 配制原理	145
5.2.1 组成与分类	145
5.2.2 纳米耐热涂料的基料	150
5.2.3 纳米隔热涂料性能特点与分类	152
5.2.4 纳米烧蚀防热涂料的机理、性能与类型	159
5.3 纳米耐热隔热防热涂料主要发展方向	164
5.3.1 现有产品及技术的改进提高	164
5.3.2 研制生产复合型多功能保温纳米涂料	165
5.3.3 大力发展建筑保温纳米涂料及相关技术	165
5.3.4 积极开发新型保温纳米涂料及相关技术	165
5.3.5 注重环保,利用“三废”开发保温涂料	165
5.4 真空陶粒水性隔热保温纳米涂料生产技术	166
5.4.1 产品特点	166
5.4.2 产品成分组成	167
5.4.3 产品适用范围	167
5.4.4 产品施工技术	167
5.4.5 产品颜色、包装及贮运	168
5.5 节能隔热保温纳米涂料的技术标准	169
5.5.1 外墙外保温饰面用建筑纳米涂料	169
5.5.2 反射隔热保温纳米涂料的技术进展	173
5.5.3 阻隔性隔热保温纳米涂料的技术进展	174
5.5.4 辐射隔热纳米涂料的技术进展	174
5.6 纳米隔热环保包装涂料的制备技术	175
5.6.1 制备原料	176
5.6.2 制备方法	177
5.6.3 纳米隔热环保纳米涂料性能	179
5.6.4 实施案例	179
5.6.5 作用机理	181
5.6.6 产品应用	182
5.7 纳米耐热涂料国内外应用展望与产业化前景	183

5.7.1	国内外纳米隔热涂料的应用	184
5.7.2	国内外纳米隔热涂料的展望	188
5.7.3	国内耐热隔热防热纳米涂料产业化前景	190
	参考文献	195
第6章	纳米磁性涂料	196
6.1	概述	196
6.1.1	磁记录材料	197
6.1.2	磁记录涂层的特性	198
6.2	纳米磁性涂料配制原理	199
6.2.1	纳米磁性涂料的功能与设计	199
6.2.2	纳米磁粉	199
6.2.3	纳米磁性涂料的基料	208
6.3	纳米磁性涂料涂布工艺	225
6.4	纳米磁性涂料的配制、施工与应用实例	227
6.4.1	纳米磁性涂料的配制	227
6.4.2	纳米磁性涂料的施工	230
6.4.3	应用实例	230
	参考文献	234
第7章	纳米耐磨涂料	235
7.1	概述	235
7.2	纳米耐磨涂料性能特点	236
7.2.1	纳米耐磨剂机理	236
7.2.2	纳米耐磨剂涂膜分类	236
7.3	抗磨和磨损及腐蚀和抗蚀的应用机理	236
7.3.1	抗磨和磨损	237
7.3.2	腐蚀和磨损	241
7.3.3	耐蚀涂膜	244
7.4	纳米耐磨涂料的生产与制备技术	248
7.4.1	纳米 Al_2O_3 透明耐磨复合涂料的制备技术	248
7.4.2	国内外纳米耐磨抗菌手机涂料技术概况	249
7.4.3	汽车耐磨抗菌纳米涂料的配制及制备工艺	252
7.4.4	纳米透明功能耐磨涂料的生产技术	254
7.5	国内外纳米耐磨涂料的研究	256
7.5.1	国外纳米透明耐磨涂料的研究动态	256

7.5.2 国内镍基纳米耐磨涂料的研究	258
7.5.3 国内纳米表面耐磨涂层技术的研究	259
7.6 国内纳米耐磨涂料的应用	260
7.6.1 耐磨防滑、铝粉包覆纳米涂料演绎科技奥运	260
7.6.2 纳米耐磨陶瓷涂料产业化的应用	262
7.6.3 国内纳米耐磨涂料配方与应用	265
7.7 国内纳米耐磨涂料的检验方法	267
7.7.1 泰伯尔磨蚀仪	267
7.7.2 泰伯尔砂石输送机	268
7.7.3 耐洗涤性(耐磨)试验机	268
7.8 国内纳米耐磨涂料的成膜评价方法	269
参考文献	271
第8章 纳米防水功能涂料	273
8.1 概述	273
8.2 纳米防水功能涂料的特点和分类	274
8.2.1 特点	274
8.2.2 分类	275
8.3 纳米防水功能涂料的发展状况	276
8.3.1 发达国家纳米防水涂料现状	276
8.3.2 我国的防水涂料现状	278
8.4 纳米防水功能涂料的生产技术	284
8.4.1 水泥基憎水型纳米防水涂料的生产技术	284
8.4.2 纳米超强弹性隔热防水涂料生产技术	287
8.4.3 PMC 复合防水纳米涂料生产技术	289
8.4.4 环保型纳米隔热防水涂料与乳液	291
8.4.5 纳米改性彩色橡胶防水卷材的研制与生产	292
8.4.6 新型桥梁纳米防水功能涂料的制备技术	295
8.5 国内外纳米防水功能涂料的应用	303
8.5.1 彩色环保高弹性防水涂料应用	303
8.5.2 纳米技术改性水泥基渗透结晶型防水涂料	305
8.5.3 纳米技术改性高分子复合卷材的应用	308
8.5.4 绝热防腐防水纳米陶瓷涂料应用	309
8.5.5 “五洋”纳米防水装饰涂料应用	310
8.5.6 纳米多功能高分子防水涂料的应用	311

8.5.7 建筑节能与隔热防水纳米涂料应用	311
8.6 纳米防水功能涂料技术性能试验指标	312
8.7 国内纳米防水功能涂料的检验方法	314
8.7.1 固体含量的测定	314
8.7.2 耐热度的测定	315
8.7.3 黏结性的测定	315
8.7.4 延伸性的测定	316
8.7.5 拉伸性能的测定	317
8.7.6 加热伸缩率的测定	320
8.7.7 低温柔性的测定	320
8.7.8 不透水性的测定	321
8.7.9 干燥时间的测定	322
参考文献	323
第9章 纳米防火功能涂料	324
9.1 概述	324
9.1.1 纳米防火功能涂料基本原理	325
9.1.2 纳米阻燃剂的作用机理	325
9.1.3 纳米防火功能涂料种类	326
9.1.4 纳米防火功能涂料性能	327
9.2 纳米阻燃涂料与纳米阻燃剂	327
9.2.1 纳米阻燃涂料	327
9.2.2 纳米阻燃剂	329
9.3 国内外纳米防火涂料现状	332
9.3.1 环保型纳米防火涂料现状	332
9.3.2 国内外钢结构纳米防火功能涂料现状	337
9.4 国内外纳米防火功能涂料的研究	340
9.4.1 国外防火功能材料与纳米涂料的研究	340
9.4.2 国内防火功能材料与纳米涂料的研究	342
9.5 国内纳米防火功能涂料的生产技术	346
9.5.1 新型镁基无卤高抑烟无机阻燃剂	346
9.5.2 超重力法制各纳米氢氧化镁阻燃剂新技术	347
9.5.3 超薄膨胀型钢结构防火防腐涂料及其制备方法	348
9.5.4 纳米防火涂料新品种的研制	350
9.6 国内纳米防火功能涂料的应用	352

9.6.1	在 2008 年北京奥运工程中的应用	352
9.6.2	在建筑与路桥工程中的应用	354
9.6.3	在海军舰艇与航运船舶中的应用	356
9.7	国内纳米防火功能涂料的评价与检验方法	359
	参考文献	360
第 10 章	纳米示温涂料	362
10.1	概述	362
10.1.1	纳米示温涂料的分类	362
10.1.2	国内外纳米示温涂料的研究动态	363
10.1.3	纳米示温涂料原理简述	364
10.1.4	纳米示温涂料特点	365
10.1.5	纳米示温涂料的种类	365
10.2	纳米示温涂料	366
10.2.1	纳米示温涂料概述	366
10.2.2	纳米示温涂料的组成	367
10.3	纳米示温涂料的变色原理	370
10.3.1	可逆型纳米示温涂料变色原理	370
10.3.2	不可逆型示温涂料变色原理	373
10.3.3	外界因素对示温涂料变色温度的影响	375
10.4	纳米示温红外节能涂料	378
10.4.1	概述	378
10.4.2	纳米示温红外纳米节能涂料适用范围	379
10.4.3	纳米示温红外纳米节能涂料主要功效	379
10.4.4	纳米示温红外纳米节能涂料节能效果	379
10.4.5	使用寿命	379
10.5	纳米示温涂料制备方法及配方	380
10.5.1	纳米示温涂料制备工艺	380
10.5.2	典型纳米示温涂料配方	381
	参考文献	383
第 11 章	纳米路桥与路标涂料	384
11.1	概述	384
11.1.1	纳米路桥与路标涂料定义	384
11.1.2	纳米路桥功能涂料	384
11.1.3	纳米路标功能涂料	386

11.1.4	纳米路桥与路标涂料的功能	387
11.1.5	性能特点	388
11.1.6	基本组成及其作用	388
11.1.7	分类与命名	389
11.2	纳米路桥与路标涂料的材料开发	390
11.2.1	乳液(成膜物)的开发	390
11.2.2	纳米颜料开发	393
11.2.3	纳米填料的开发	400
11.2.4	纳米助剂的开发	401
11.2.5	溶剂的作用	402
11.2.6	防霉、杀菌剂作用	405
11.3	纳米路标涂料现状、发展趋势	415
11.3.1	纳米路标涂料现状	415
11.3.2	纳米路标涂料发展趋势	418
11.4	纳米路标涂料应用实例	419
11.4.1	常温干燥溶剂型反光路标纳米涂料	419
11.4.2	新型耐磨常温施工的反光路标纳米涂料	420
11.4.3	热熔型路标纳米涂料	421
11.4.4	水溶性反光路标纳米涂料	422
11.4.5	以水分散型聚酯-聚氨酯为基料的反光路标纳米涂料	422
11.4.6	耐久性热熔型路标纳米涂料	423
11.4.7	含氟硅的防污耐用反光路标纳米材料	423
11.4.8	含有磷光颜料和非磷光颜料的热熔路标纳米涂料	423
11.4.9	聚光路标涂料复合层	423
11.5	新型铁路桥梁纳米防水涂料的研究与应用	423
11.5.1	概述	423
11.5.2	材料的选择	425
11.5.3	工艺及配方	426
11.5.4	材料寿命试验	428
11.5.5	施工工艺及现场试验	428
11.5.6	改性机理	429
11.6	纳米路桥功能涂料产业化生产的制备技术	430
11.6.1	工业化生产的研究	430
11.6.2	中试产品生产	431

11.6.3	结果与讨论	434
11.7	胶乳互穿聚合物网络合成防震的新型混凝土体表面结构	
	纳米涂料	436
11.7.1	三元聚合纳米氟硅乳液的合成	437
11.7.2	动态共振破坏机理及市政道桥、铁路桥梁的防震	438
11.7.3	防震的防护涂料制备工艺	441
11.8	纳米功能路桥涂料面临的挑战与研究	444
11.8.1	纳米功能路桥涂料面临的挑战	444
11.8.2	纳米功能路桥涂料的研究	445
11.8.3	氟碳涂料的标准问题	446
11.8.4	水性地面及交通标志涂料问题	446
	参考文献	447
第 12 章	纳米隐身涂料	448
12.1	概述	448
12.2	纳米隐身涂料分类	449
12.2.1	雷达隐身技术	449
12.2.2	红外隐身技术	450
12.2.3	激光隐身技术	453
12.3	纳米吸波复合材料与涂料	457
12.3.1	概述	457
12.3.2	吸波复合纳米材料的特点	458
12.3.3	吸波复合纳米材料的分类	458
12.3.4	吸波复合纳米材料的组成及其选择	459
12.3.5	吸波复合材料的吸波原理及影响因素	460
12.3.6	纳米金属粉吸波复合材料	461
12.3.7	多晶铁纤维吸波复合材料	462
12.3.8	新型的纳米吸波材料	464
12.4	国内外纳米隐身涂料现状与发展趋势	465
12.4.1	国外纳米隐身涂料现状	465
12.4.2	国内纳米隐身涂料现状	466
12.4.3	纳米隐身涂料的发展趋势	467
12.5	纳米隐身涂料的生产工艺与制备技术	468
12.5.1	原理	468
12.5.2	生产工艺与制备技术	469

12.6 纳米隐身涂料在军事中的应用	471
12.6.1 舰船纳米隐身涂料	472
12.6.2 雷达纳米隐身涂料	473
12.6.3 红外纳米隐身涂料	474
12.6.4 智能型纳米隐身涂料	475
参考文献	475
第13章 纳米防腐蚀涂料	477
13.1 概述	477
13.2 纳米防腐蚀涂料的发展趋势及重点标志	477
13.2.1 纳米环氧树脂涂料	478
13.2.2 纳米聚氨酯涂料	479
13.2.3 鳞片树脂涂料	480
13.2.4 高固体分纳米涂料	482
13.2.5 防腐底漆纳米涂料	483
13.3 国内防腐蚀纳米涂料现状	485
13.3.1 工业领域中防腐涂料现状	485
13.3.2 工业领域中防腐纳米涂料新产品	486
13.3.3 工业领域中防腐纳米底漆新产品	491
13.3.4 纳米防腐涂料的发展趋势	496
13.4 我国军事装备中的防腐蚀涂料现状	499
13.4.1 军事装备的腐蚀概况	499
13.4.2 军事装备腐蚀防护措施	500
13.5 金属防腐蚀纳米涂料	503
13.5.1 轿车金属防腐闪光面漆	503
13.5.2 镁合金高耐蚀性复合镀层及其制备工艺	504
13.6 桥梁和钢筋结构混凝土防腐蚀纳米涂料	504
13.6.1 桥梁腐蚀与保护	504
13.6.2 钢结构用防腐蚀纳米涂料	506
13.6.3 钢结构反应堆装置耐热腐蚀纳米涂料	508
13.6.4 钢结构配套装置用防腐蚀涂料	509
13.6.5 户外钢结构高性能防腐体系	510
13.7 纳米防腐蚀涂料的应用	512
13.7.1 纳米防腐涂料应用动态	514
13.7.2 纳米防腐涂料在油田中的应用	517